Lane Medical Library 1864

Experimentalkritik eines neuen von Adolf Fick construirten Pulswellenzeichners.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

ERLANGUNG DES DOCTORGRADES

in der

Medizin, Chirurgie und Geburtshülfe

der

hohen medizinischen Facultät

der

UNIVERSITÄT ZÜRICH

den 3. August 1864

vorgelegt durch

Jacob Tachau,

aus Hamburg.

Zürich.

Druck von Zürcher & Furrer.

1864.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41385907_0026

Obwohl man schon seit mehr als hundert Jahren damit beschäftigt ist, die Gestalt der Pulswelle zu erkennen, so kann man doch die bisher auf den verschiedenen Wegen gewonnenen Resultate der hierauf sich beziehenden Untersuchungen nicht ohne Misstrauen ansehen. Die bis auf Ludwig erzielten Ergebnisse sind kaum der Rede werth; Ludwig ist der Erste, der den Physiologen ein Instrument schuf, mit welchem es möglich schien, selbst genauere Studien über Druckdifferenzen im arteriellen System zu machen. Leider jedoch haben sich die Hoffnungen, welche man darauf baute, nicht erwahrt, und man hat während seines Gebrauches Fehler an ihm gefunden, die sich nur unter seltenen Verhältnissen nicht in die Beobachtung einmischen, und die durchaus keiner Verbesserung fähig sind. Aber trotz dieser Fehler sind mit diesem Instrumente Untersuchungen von Ludwig selbst, Bezold, Traube, Volkmann und Andern gemacht worden, welche zu Resultaten geführt haben, deren Richtigkeit wohl von Niemandem in Zweifel gezogen wird, und die noch viel weniger unwichtig genannt werden dürfen. Das Ludwig'sche Instrument war durchaus Epoche machend in der Lehre über die Blutdruckschwankungen, und so gering auch Manche Ludwig's Verdienst anschlagen mögen, und so sehr sie sein Kymographion tadeln,

so waren sie doch nicht im Stande es bis jetzt überflüssig zu machen, weil sie eben nichts Besseres an seine Stelle setzen konnten.

Nachdem man die Hoffnung aufgegeben zu haben scheint einen Weg zu finden, auf dem man die Beschaffenheit des Pulses durch unmittelbare Berührung des Blutes mit dem Instrumente ergründen könnte, war es Vierordt, der in seiner »Lehre vom Arterienpuls, Braunschweig 1855« die Construction eines Instrumentes veröffentlichte, das er Sphygmographion nannte. Dieses sehr umständliche Ding, das ohne Vivisection die Blutdruckschwankungen registriren sollte, durch blosses Andrücken an einen Körpertheil, an dem ziemlich oberflächlich eine Arterie gelegen, sollte mit einem Male alle Verlegenheiten beseitigen und vollständig zufriedenstellende Resultate geben. Und doch scheint mir muss einem Jeden sofort, schon nach oberflächlicher Betrachtung des Apparates, diese Behauptung Argwohn erwecken. Denn wie kann man nur annehmen, dass die zwischen Instrument und Blut befindlichen Gewebe so wenig hindernd sind, wie der Constructor uns versichert, und dass selbst etwaige feinere Druckverhältnisse in der Blutwelle, die Spannung dieser Massen überwindend, sich dem Instrumente fühlbar machen können. Marey vereinfachte und verbesserte dann diesen Vierordt'schen Sphygmographen bedeutend; doch trifft sein Instrument derselbe Verdacht wie das von Vierordt angegebene, der sich erst dann als unbegründet herausstellen wird,

wenn durch ein ganz fehlerfreies Instrument, auf welches das Blut direct wirkt, Resultate erzielt sind, und diese ganz mit denen des Sphygmographen übereinstimmen. Ein solches Instrument ist nun in der jüngsten Zeit von meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Adolf Fick construirt worden. Das Blut drückt hier nicht wie im Ludwig'schen Kymographion auf eine Quecksilbersäule, sondern auf die in einer Hohlfeder von sehr grosser Elasticität enthaltene Flüssigkeit. Die sehr kleinen Excursionen der Feder werden auf ein mit ihrem Ende verbundenes Hebelwerk übertragen und dann mittelst eines schreibenden Stiftes, welchen einer der Hebelarme an seinem Ende trägt, auf der daran vorübergehenden Trommel des Kymographions in vergrössertem Massstabe verzeichnet.

Der neue Pulswellenzeichner ist in Fig. I der beigegebenen Tafeln dargestellt. Ein cylindrischer Eisenstab H, der in eine Eisenschiene J eingelassen, dient zur Anheftung einer in einen stumpfen Winkel gebogenen Eisenschiene B und an dieser wiederum sind die Hauptstücke des Apparates, die Feder und das Hebelwerk befestigt; nämlich so, dass die Feder A, welche eine platte, gebogene, messingne Hohlfeder, nach Art des Bourdon'schen Manometers, an ihrem Ende bei b in einen stärkern eisernen Hohlwürfel L mündet, und dieser dann mit starken Schrauben an die Eisenschiene B angeschraubt ist. Der Hohlraum der Feder ist mit Alkohol gefüllt. Das Federende a ist ganz frei und trägt in seiner

Mitte einen gerade nach vorn gehenden kleinen Messingstift, an dessen freiem Ende eine Achse für die Gabel des Hebelarms C angebracht ist. Die vier Hebelarme CDEF sind von Schilfrohr gearbeitet, um bei möglichster Leichtigkeit eine doch grosse Starrheit zu bieten. Die Lage der Verbindungsstelle der Hebelarme C und D, bei d, ist eine solche, dass der Zeichenstift G 18 Mal grössere Excursionen macht, als die der Feder sind. Im übrigen stellt das Hebelwerk eine Gradführung dar, so dass der Zeichenstift immer nur in einer vertikalen Linie bewegt werden kann. Der Hohlraum des Würfels L communicirt an seiner freistehenden Fläche h mit einem Bleirohr, und dieses ist wiederum mit einem Kautschukrohr verbunden, das bestimmt ist, an seinem andern Ende die Canüle aufzunehmen, welche in die Arterie eingelassen wird. Die Schiene B ist am Stabe H verschieb- und drehbar, und wird mittelst Hülsen', die den Stab H umfassen, durch Schrauben in der wünschbaren Stellung fixirt. Der ganze Apparat wird mit der Schiene J an das Stativ des Kymographions angeschraubt.

Die Prüfung des neuen Hämodynamometers könnte eine zweifache sein, eine theoretische und eine empirische. Es fragt sich, welches ist die bessere, oder ist vielleicht eine von beiden zur Kritik der Leistungen eines solchen Instrumentes überhaupt überflüssig? Man könnte, wie Herr Mach es in seiner Kritik des Marey'schen Sphygmographen gethan hat, eine Berechnung machen, welches die bestmöglichsten Bedingungen

seien für einen Apparat, welcher Druckschwankungen genau registriren soll, und könnte hernach fragen: sind diese Bedingungen im zu prüfenden Instrumente erfüllt oder nicht? Wenn man aber auch wirklich die Construction mit den Forderungen der Berechnung übereinstimmend findet, so ist damit doch nicht gesagt, dass der Apparat bei seiner Anwendung sich bewähren wird, weil man theils nicht alle Factoren in Rechnung bringen kann, theils aber durch die Mangelhaftigkeit des verwendeten Materials oder der Arbeit unvorhergesehen neue Factoren in Rechnung kommen, die sich nur beim Experimentiren fühlbar machen. Hier sieht man die Fehler, kann ihren Ursachen nachforschen, und wenn möglich abhelfen, während die Rechnung in keinem Falle vollständige Sicherheit gewährt; einen wirklichen Nutzen hat sie nur bei der Construction solcher Apparate, indem man sich gleich von vornherein darnach für die Wahl des zu verwendenden Materials, der Verbindung der einzelnen Theile untereinander und so fort entscheiden kann. Aus diesem Grunde wandten wir uns ohne Weiteres zur Prüfung auf experimentellem Wege. Es war dazu natürlich nöthig in der Feder des Pulswellenzeichners Druckschwankungen hervorzubringen, deren Werth und zeitlicher Verlauf schon von vornherein bekannt ist. Das beste Mittel, um auf einen Körper rasch aufeinander folgende Druckschwankungen einwirken zu lassen, bietet sich dar in der abwechselnden Compression und Verdünnung von Gasmengen in einem durchaus ge-

schlossenen, variablen Raume. Die Prüfung des Apparates mit so hervorgebrachten Stössen würde ohne alles Bedenken als eine durchaus zuverlässige bezeichnet werden dürfen, wenn nicht aus der Temperaturerhöhung, die bei Compression jedes Gases erfolgt, eine etwaige Fehlerquelle erwüchse, und die sich durchaus jeder Berechnung entzieht. Nehmen wir als variablen Raum, in dem Luft eingeschlossen, eine Pumpe, so würde die bei Eintreibung des Stempels erzeugte Wärme wohl zu berechnen sein, wenn die Wände der Pumpe für sie undurchdringlich wären. Wir würden dann bei jedesmaliger Verdichtung der Luft gleiche Temperaturerhöhungen bekommen, die sich als Vermehrung des Druckes geltend machen würden. Für Wärme impermeable Wände aber sind unmöglich herzustellen, und bei andern entweicht sie rascher oder langsamer, je nachdem sie bessere oder schlechtere Wärmeleiter sind. Die Spannung der comprimirten Luft unter Hinzukommen der gebildeten Wärme würde demnach eine höhere sein in dem Augenblicke, wo der pressende Stempel seinen tiefsten Stand im Pumpenstiefel erreicht hat, als sie bei gleichbleibender Temperatur wäre, denn so gute Leiter, welche fast momentan die ihnen mitgetheilte Wärme wieder abgeben, hat man ebensowenig. Könnte man nach jedem Eintreiben des Stempels eine Pause eintreten lassen, um eine Ausgleichung der Temperatur in der comprimirten Gasmenge zu erzielen, so würde man den angedeuteten Fehler vollständig umgehen. Dies darf man aber nicht, denn

zur Prüfung eines Pulswellenzeichenapparates muss man die Druckschwankungen sich in Zeiten folgen lassen, wie sie im Pulse vorkommen, weil ein solches Instrument, wenn es auch wirklich behutsam und in langen Zwischenräumen ausgeführte Druckveränderungen noch so genau registrirt, doch möglicherweise bei rasch sich folgenden Bewegungen seine Eigenschwingungen störend einmischen wird, und in der zu kurzen Pause zwischen zweien Stössen nicht zur Ruhe käme. Die Eigenschwingungen des Quecksilbers bilden im Ludwig'schen Kymographion den Hauptfehler, und es kommt daher für einen Apparat dieser Art sehr darauf an, bei seiner Anwendung vollkommen vor ihnen gesichert zu sein, wesshalb man bei seiner Prüfung die günstigsten Bedingungen für das Eintreten derselben setzen muss.

Wegen des oben erwähnten Temperaturfehlers würde demnach streng genommen die Prüfung mit Luft keine zuverlässige sein. Gewiss würde man desshalb lieber einen andern Weg wählen, aber es giebt keinen einzigen, der mehr Genauigkeit und dabei so grosse Vortheile in der Ausführung böte. Denn wollte man z. B. den Druck in einer Flüssigkeitsmenge, die in einem Raume von starren Wänden eingeschlossen, in Schwankungen versetzen, so würden wir dies allerdings vermögen, aber die Aeusserungen der Druckvariationen wären wir nicht im Stande wahrzunehmen, weil das Volum sich gleichbliebe, ob wir auch mit einer grössern oder kleinern Kraft darauf drücken würden, und wir würden daher

nicht bestimmt wissen können, welcher Druck im Innern der Flüssigkeit herrsche. Ferner könnte man statt der starren Wände elastische nehmen, etwa Kautschukschläuche, und die Druckschwankungen durch abwechselnde Compression und Freilassen des Schlauches hervorbringen. Da haben wir aber dann wieder die Calamität des Erzitterns der Wände, das sich der eingeschlossenen Flüssigkeit mittheilt, und sie nicht zur Ruhe kommen lässt; in zweiter Linie aber bekommen wir durch dieses Verfahren durchaus keine genauer zu bestimmenden Druckwerthe; denn schon die mechanischen Vorrichtungen dieselben empirisch zu ermitteln, und nur so ist diess möglich, bieten bedeutende Schwierigkeiten für die Controlle; ausserdem aber könnte eine mögliche Abnahme der Elasticität während des Gebrauches zu nicht unerheblichen Fehlern Veranlassung geben.

In dieser Weise lassen fort und fort alle noch übrigen Methoden noch weniger Genauigkeit zu. Es ist somit das Beste, wie wir es gethan haben, den etwaigen Temperaturfehler bei Anwendung von Luft zu unserem Zwecke zu vernachlässigen; auch werden wir im Laufe der Prüfung selbst sehen, dass der Fehler durchaus unbedeutend sein muss, denn es zeigt sich in der Angabe der Druckhöhen nicht ein Plus, sondern eher ein ganz unscheinbares Minus.

Der zweckmässigste Apparat auf leichte Weise controllirbare Veränderungen eines Luftvolums hervorzubringen, ist eine einfache Pumpe von unfehlbarem Schluss.

Um sich von diesem letztern zu überzeugen, musste eine Prüfung gemacht werden. Ein Exemplar dieser Art von Oertling wurde mit einem Quecksilbermanometer in Verbindung gesetzt, erwies sich jedoch bald als schlecht schliessend, ein neuer Kolben wurde dazu gearbeitet, umsonst, der Druck war nicht constant zu erhalten. Es wurde jetzt ein gleiches Pariser Instrument aus dem hiesigen Physikalischen Cabinet versucht, auch dieses zeigte sich unbrauchbar. Schon hielt man das Hinderniss für nicht zu beseitigen, und glaubte die Prüfung des neuen Hämodynamometers mittelst Luft aufgeben zu müssen, da kam mir ein ganz glücklicher Gedanke, der vielleicht noch einem Andern aus ähnlicher Verlegenheit helfen könnte, und durch dem man im Stande ist, eine mittelmässig accurat gearbeitete Spritze zu einer vollkommen schliessenden zu machen. Es bedarf hiezu eines Schafblinddarms oder besser eines Kautschuksäckchens von derselben Form. Ausserdem muss die Canüle der Spritze vom Stiefel abschraubbar sein. Man bindet alsdann den untern Theil des Schraubengewindes der Canüle in das offene Ende des Säckchens sehr fest ein, bringt letzteres in den Stiefel und schraubt nun die Canüle auf. Die Aussenwand des Sackes und die Innenwand des Stiefels müssen sich unmittelbar an allen Punkten berühren, auch muss bei Einbringung des Stempels in den Stiefel darauf gesehen werden, dass ersterer ebenso genau dem untern Ende des Säckchens anliegt. Es soll sich mit einem Worte nach Einbringung

des Stempels das eingebundene Säckchen zu dem innern Raum der Pumpe verhalten, wie die Pleura pulmonalis zur Pleura costalis. Es ist unnöthig noch etwas über diese Einrichtung zu sagen, indem es jedem verständlich sein wird, dass aus der Anwesenheit des Säckchens im Pumpenstiefel für die Bewegungen des Stempels kein Hinderniss erwächst, und dass, so lange dasselbe unversehrt, das Entweichen von Luft hinter dem Stempel unmöglich ist.

Die Pumpe wurde nun mit unserm Pulswellenzeichner in Verbindung gebracht. Sie selbst wurde mit einer Schraubenklemme an eine Tischkante befestigt, ein sehr dickwandiges Kautschukrohr verband ihre Canüle mit dem einen Ende eines ziemlich weiten Glasrohrs, das zwischen Pumpe und Pulswellenzeichner eingeschaltet war, um die zu comprimirende Luftmenge zu vergrössern. Ueber das andere Ende der Glasröhre wurde gleichfalls ein Kautschukschlauch von der gleichen Beschaffenheit wie das obige gebunden, das alsdann mit seiner anderen Oeffnung sich mit dem Bleirohr des Pulswellenzeichners verband. Diese Verbindung durch Kautschuk bringt nicht für die Bestimmung der zu executirenden Druckschwankungen neue Factoren in Rechnung, denn die dazu verwendeten Röhren verhalten sich wegen ihrer Dickwandigkeit zu dem auf sie wirkenden Druck wie starre Wände. Das Manometer selbst wurde, wie in der Beschreibung erwähnt, mit seiner Grundschiene J an dem Stativ des Kymographions befestigt.

Zugleich war auch das Ludwig'sche Hämodynamometer vollständig hergerichtet, so dass man nur die Pumpe nach Ablösung des neuen Apparates mit dem erstern zu verbinden brauchte, um an der gleichen Trommel Vergleichszeichnungen derselben Druckwerthe von beiden Instrumenten zu erhalten. Die Kolbenstange der Pumpe ist in Millimeter eingetheilt und erlaubt in der Weise sehr leicht, das Eindringen des Stempels in den Stiefel genau zu bestimmen.

Vor Allem müssen wir noch fragen: ist das Instrument empfindlich genug für minimale Druckschwankungen, wie sie im Kreislaufe vorkommen könnten? Hierauf ist die Antwort sehr leicht, denn man kann sich sehr bald überzeugen, dass die leiseste Verschiebung am Spritzenstempel genügt, um eine entsprechende Bewegung des Zeichenstiftes an der Trommel hervorzurufen.

Um die Art der Bewegung des Hebelwerkes und seine Sicherheit in der Führung kennen zu lernen, wurden beliebige Stösse an der Pumpe ausgeführt. Zuerst wurde der Kolben sehr allmälig tiefer in den Stiefel geschoben, wobei sich der Zeichenstift langsam und sehr ruhig hob und entsprechend schön zeichnete; bei Verminderung des Druckes fiel die Curve gerade so richtig ab. Sobald man aber die Pumpenstösse sich rascher folgen liess, machte sich ein solches Erzittern und so bedeutende Eigenschwingungen des Hebelwerks geltend, dass man bald einsah, in dieser Form wird der Apparat seinem Zwecke bei Weitem nicht entsprechen.

Diese Mängel aber kamen einzig auf Rechnung des Hebelwerks, dessen Trägheitsmoment wegen der grossen Uebersetzung trotz seiner grossen Leichtigkeit, doch ein sehr bedeutendes ist. Nach einer Erhebung, wenn die gestreckte Feder wieder ihre Gleichgewichtslage annimmt, sinkt das Hebelwerk mit solcher Schwere wieder herunter und drückt dabei so stark auf die Feder, dass sie über ihre Gleichgewichtslage hinaus, zusammengedrückt wird. Bei dieser Gelegenheit wird es nun eigentlich so recht klar, wie wenig eine theoretische Prüfung zuverlässig ist. Mach findet nämlich durch seine Berechnung den Behauptungen Fick's entgegen, der Widerstand müsse in einem Wellenzeichner möglichst gering sein; dieser Forderung war im vorliegenden Apparat durchaus entsprochen, und man sollte demnach eine vollständige Brauchbarkeit desselben erwarten; nichtsdestoweniger sehen wir uns in dieser Hoffnung getäuscht und zwar, wie sich gleich zeigen wird, ist die Ursache dieser Täuschung der im Hebelwerk in zu geringem Masse vorhandene Widerstand. Der Beweis hiefür ist durch Einführung des letztern in grösserm Umfange geliefert. Mit dem untern Ende des zeichenstifttragenden Hebelarms, verband Fick ein Schilfstäbchen von circa $2^1/_2$ Zoll Länge und derselben Breite und Dicke wie die Hebelarme selbst, in der Weise, dass es den Zeichenstift nach abwärts um ungefähr 2 Zoll überragte; an seinem untern Ende wurde dann ein kleines Quadrat eines ziemlich festen Papiers in Mitten

der Fläche angeklebt und nun das Stäbchen mit seinem Papierflügel in einen mit Oel gefüllten Glascylinder eingesenkt, so dass es, ohne die Wände des Cylinders zu streifen, bei den Bewegungen des Hebelwerks darin auf- und niedergehen konnte. Hierauf angestellte Druckschwankungen im Apparate wurden nun schon mit weit weniger Störungen auf der Trommel verzeichnet; aber offenbar musste der Widerstand, der so bewerkstelligt war, noch zu klein sein, denn ganz fehlten die Ungenauigkeiten noch nicht. Der Papierflügel wurde desshalb durch einen etwas grössern ersetzt, und jetzt waren die Bewegungen des Zeichenstiftes durchaus fehlerfrei.

Man könnte einwerfen, dieser angeführte Widerstand beeinträchtige die Empfindlichkeit des Intrumentes, ja er verhindere sogar die richtige Angabe der Druckwerthe. Auf den ersten Blick hin muss dies allerdings so erscheinen, in Wirklichkeit aber ist es nicht der Fall; denn theils sind die Druckhöhen, die man ohne Application des Oelflügelchens bei langsamen Bewegungen des Stempels bekommt, denen völlig gleich, welche man nach Einführung des Widerstandes erhält, theils ist, wie wir im Verlauf der Prüfung sehen werden, die Empfindlichkeit eine durchaus ungeschwächte, wenn man nur darauf achtet, dass das Papierblättchen nirgends die Wand des Oelgefässes berührt.

Schliesslich muss ich noch einer kleinen Hülfe erwähnen, deren wir uns bedienten die Pumpenstösse gleichmässig auszuführen. Es ist nämlich sehr schwierig,

mit der Hand allein so gleichmässig zu wirken, dass man ein Mal wie das andere an einem bestimmten Punkte der Druckhöhe anlangt. Anfangs hatten wir nur zwei einfache Hemmungen angebracht, welche verhinderten, den Stempel tiefer in den Stiefel einzutreiben und wieder auszuziehen als man bezweckte, und führten diese Bewegungen mit der Hand aus. Jedes Mal aber, wenn man dann gegen diese Hemmungen stiess, verfloss eine längere oder kürzere Zeit, bevor man den Stillstand wieder aufheben konnte, und so war es unmöglich Curven mit stetiger Druckvariation zu bekommen. Diese Stillstände lassen sich sehr wohl bemerken, ohne dass man erst die gezeichnete Curve ansieht, wenn man sich übt, wie wir es gethan haben, die Zeiten nach dem Takt des Metronoms, und zwar mehr mit dem Ohr und dem Gefühl, als mit den Augen zu messen. Ausserdem aber wurden durch den Stoss, mit dem man bei raschen Bewegungen unwillkürlich die Hemmung trifft, der Hand immer kleine Rückbewegungen gegeben, die sich durch deutliche Haken und Unregelmässigkeiten an den Curven wiedergaben. Die Vorrichtung, diesem Uebelstande abzuhelfen, bestand in einer Kurbel mit verstellbarem Hube, die mittelst einer Stange an den Stiel des Pumpenstempels befestigt war. Mit diesem Mechanismus bekommt man annähernd gleiche Verhältnisse unter den einzelnen Curven; vollkommen gleiche jedoch würde man erst durch Verbindung unserer Kurbel mit einem Schwungrade erzielen.

Jetzt waren wir endlich, nach Beseitigung so mannigfaltiger Hindernisse, so weit, uns die Fragen zu stellen: was müssen wir von einem Pulswellenzeichner verlangen, damit er seinem Zwecke genüge, und wie müssen wir den Druckapparat, also unsere Pumpe, handhaben, um die betreffenden Antworten zu bekommen? Eine durchaus bestandene würde die Prüfung sein, wenn es sich zeigen liesse, dass der Schreibstift des Apparates in jedem Augenblicke ganz genau eine Stelle auf der Trommel einnimmt, die dem in der Feder herrschenden Drucke entspräche. Dieses zu erfahren, würde man einer Vorrichtung bedürfen, welche es gestattete, periodische Druckschwankungen hervorzubringen, nach einem vollständig bekannten Gesetz, beispielsweise eine Vorrichtung, die es erlaubt den Stempel unserer Pumpe so zu bewegen, dass man genau wüsste, welchen Stand er in jedem einzelnen Augenblicke einnimmt, und nun sehen, ob dasselbe Gesetz die Bewegungen des Zeichenstiftes beherrscht. Eine solche Vorrichtung konnten wir uns aber nicht verschaffen. Man musste desshalb suchen andere, wenn auch weniger vollkommene Beweise für die Untrüglichkeit des neuen Hämodynamometers zu erhalten, die aber doch hinreichten zu zeigen, um wie Vieles treuer derselbe registrirt, als alle bisher construirten. Dies zu thun, ist es hinreichend, wenn das Instrument richtig zeigt: 1) zwischen welchen Maximis und Minimis der Druck wirklich schwankt, und dass seine Bewegungen unabhängig sind von dem Tempo,

in dem die Druckschwankungen auf die Feder einwirken; 2) wenn es einzelne, hervortretende Momente in der Ausführung der Druckschwankungen ebenso markirt, und 3) wenn die Angabe des mittleren Druckes die richtige ist.

Zu einem Urtheil über den ersten Punkt kommen wir, wenn wir gleichwerthige Druckschwankungen, aber in verschiedenen Tempos, die Feder treffen lassen und sehen, dass die verzeichnete Druckhöhe die gleiche bleibt. Stellen wir uns sofort den Versuch concret vor. Nach der Theilung unserer Stempelstange wird eine bestimmte Anzahl Millimeter als Druckdifferenz bestimmt und der Hub der Kurbel so eingerichtet, dass diese kein tieferes Eindringen des Stempels in den Stiefel zulässt als bis zum Theilstrich, welcher die Druckhöhe bezeichnet. Jetzt dreht man die Kurbel bis zum Druckminimum, legt den Zeichenstift des Pulswellenzeichners an die berusste Trommel und lässt diese eine kleine Drehung ausführen. Nachdem sie wieder zum Stillstand gebracht, treibt man jetzt mittelst der Kurbel den Stempel sehr langsam auf die Druckhöhe und erhält nun auf der Trommel eine vertical ansteigende Linie; ist diese vollendet, lässt man die Trommel sich wieder drehen und durch die Horizontale die Druckhöhe genau abgrenzen. Diese beiden Horizontalen sind nicht ganz überflüssig: man erleichtert sich die spätere Vergleichsmessung, und bekommt ausserdem noch eine grössere Sicherheit über das Constantbleiben des Druckes für

längere Zeit. Nach dieser Vorherbestimmung des grössten und kleinsten Druckes kann man jetzt eine Reihe von Curven, deren Werth bekannt, in verschiedenen Zeiten leicht herstellen. Wir bedienten uns, wie dies schon weiter oben angedeutet, zur Zeitbestimmung des Metronoms. Dieses stellten wir zur Anfertigung der bei Fig. 1 a, b und c wiedergegebenen Curven so ein, dass es respective 40, 100 und 160 Schläge in der Minute machte. Nachdem dann die Hand daran gewöhnt war, dem Ohre vollständig zu gehorchen, so dass sie mit jedem Schlage des Metronoms eine volle Umdrehung der Kurbel ausführte, wurde der Zeichenstift wieder an die Trommel gelegt und diese in Bewegung gesetzt. Wir haben solche Versuche mit den verschiedensten Zeiten wie sie im Pulse vorkommen, ausgeführt und gefunden, dass die Angabe der Druckwerthe vollständig unabhängig ist vom Tempo in dem sie variirt werden. Beispielsweise sind hier nur die obigen drei Curven gegeben. Zieht man zu allen dreien unten die Horizontale, welche das Druckminimum, oben aber die, welche das Druckmaximum angibt, so sieht man freilich, dass die untern Theile der Curve von der dazu gehörigen Horizontalen geschnitten werden. Dies bedeutet nicht etwa, dass die Feder den Druckschwankungen nicht genau folgte, oder dass der Druck während des Versuches gesunken wäre; denn wir finden, dem tiefen Herabgehen der Curven entsprechend, ihre Spitzen nicht völlig die Horizontale der Druckhöhe erreichend, und zwar jedesmal um so viel

darunter stehend, als der Theil gross ist, welcher von den untern Theilen der Curven durch die Horizontale des Druckminimums abgeschnitten wird. Diese Ungenauigkeit ist desshalb wo anders zu suchen, und liegt gewiss in der mangelhaften Ausführung des Hebelwerkes; denn eine kleine Verschiebung der Hebelaxen in ihren Gabeln würde genügen, eine solche Abweichung vom Richtigen herbeizuführen. Die auf früher geschilderte Art vorher gezeichneten Druckwerthe sind immer als kurze wagrechte Striche neben die dazu gehörenden Curven abgebildet, und man überzeugt sich durch eine vergleichende Cirkelmessung sehr leicht, dass die Höhen der einzelnen Curven dem Abstande zwischen den Wagrechten vollständig entsprechen.

Zum Beweis unserer unter 2) gestellten Forderung, gehören die Curven 3 a, b und c. Man könnte natürlich auf sehr verschiedenen Wegen in der Ausführung der Druckschwankungen Eigenthümlichkeiten anbringen; doch sind die meisten, besonders solche während An- und Absteigen des Druckes, ohne eigens dazu eingerichtete Hülfsmechanismen schwer in gleichmässiger Wiederholung herzustellen. Am leichtesten ist es noch mit den Mitteln, die uns zu Gebote stehen, Besonderheiten in der Zeichnung der Druckmaxima und Minima anzubringen, indem man dieselben lang oder kurz andauern lässt.

Die Verbindung der Kurbel mit unserer Pumpe ist, wie man sich erinnern wird, hergestellt durch eine

Stange, an deren unterm Ende, das sich der Pumpe anschliesst, zwei verschiebbare festzustellende Metallhülsen, die durch Zapfen getragen werden, sich befinden. Zwischen diese beiden circa ½ Zoll langen Zapfen ist der Ring des Stempelstiels gewöhnlich fest eingeklemmt. Durch Verstellung dieser Theile gegeneinander lässt sich bequem an beiden Endpunkten der Stempelbahn für eine Zeitlang eine kürzere oder längere Ruhe erzielen, je nachdem man nämlich die beiden Hülsen mehr oder weniger weit von einander entfernt; es wird dann, wenn durch den Zahn der obern Hülse der Stempel eingetrieben ist, eine bestimmte Zeit vergehen, bis durch die Drehung der Kurbel die untere Hülse wieder so weit dem Ringe genähert wird, um an ihm den Stempel wieder zurückzuziehen. Auf diesem Wege werden bei gleichmässiger Drehung der Kurbel gleiche Stillstände des Stempels erreicht, soweit es überhaupt möglich ist ohne Einführung eines Schwungrades in unsern Drehapparat.

Die hieher gehörigen Curven sind in der eben erörterten Weise angefertigt und zeigen alle drei diese Besonderheit; am deutlichsten tritt sie in a und b hervor. In der ersten wiederholt sich die Druckvariation 40, in der zweiten 100 Mal in der Minute. In der Curve c ist allerdings der Stillstand schon ziemlich klein, aber immer noch merklich, obwohl der Druck 160 Mal in der Minute schwankt. Für feinere Untersuchungen an Thieren, bei denen der Blutdruck kein grösserer als der hier herrschende, und bei welchen die Pulse sich viel-

leicht noch viel schneller folgen als unsere Stempelbewegungen, müsste man, um etwaige feinere Verhältnisse der Pulswelle erkennen zu können, der Trommel eine raschere Drehungsgeschwindigkeit geben. Es muss einem ferner bei Betrachtung der Curven auffallen, dass der Druck allmähliger aufsteigt als er abfällt. Dies muss offenbar darin seinen Grund haben, dass der Theil der Kurbeldrehung, wodurch der Stempel vorgestossen wurde, und dessen Ausführung also mit mehr Kraftaufwand für die Hand verbunden ist, langsamer, der zweite Theil, der ihn zurückzog und den Druck verminderte, rascher erfolgte.

Will man ferner, wie wir es auch bei Bildung der beiden Curven bei Fig. 5, a und b gethan haben, nur an einem der beiden vorher markirten Punkte den Stillstand hervortreten lassen, so thut man besser, die Pumpe von dem Drehapparat zu trennen und sie allein mit der Hand zu regieren. Wählt man dann z. B. die Druckhöhe zum Stillstandspunkt, so stösst man mit dem Schlage des Metronoms den Stempel bis an eine den Tiefgang bestimmende Hemmung vor, verweilt einen Moment, zieht ihn dann ebenso rasch zurück, so dass beim nächsten Metronomschlage der Druck bereits sein Minimum erreicht und der Kolben sofort wieder vorgeschoben wird. Könnte man auf eine Rückwärtsbewegung des Stempels ein Vortreiben desselben momentan folgen lassen, so würden in den Curven die an- und absteigenden Linien ganz spitze Winkel mit einander bilden. Statt dessen

sehen wir jedoch hier ganz deutlich zwischen beiden Linien eine kleine Horizontale eingeschaltet, ein Beweis, dass doch ein Stillstand nach dem Ausziehen des Stempels Statt hatte; doch muss dieser um ein sehr Bedeutendes kleiner gewesen sein, als der beabsichtigte an den Druckhöhen. In solcher Gestalt ist er uns nun auch wiedergegeben, und ein Jeder, der sich die Mühe nehmen wird den Versuch zu wiederholen, kann sehr wohl sehen, dass er verhältnissmässig nicht zu gross gezeichnet ist, indem die unwillkürliche Ruhe zwischen der Druckverminderung und ihrer Steigerung, selbst bei der grössten Anstrengung, nicht vollständig zu beseitigen ist.

Wir kommen endlich zur Beurtheilung der Leistung des neuen Pulswellenzeichners, in Bezug unserer dritten Forderung. Wir benutzen die zuletzt gefertigten Curven 5 a und b. Wenn man den mittlern Druck darin berechnen wollte, so müsste man mittelst eines Planimeters den Raum messen, welcher eingeschlossen ist zwischen der Nullinie, der Curve und zweien Grenzordinaten; diesen Raum dann in ein Rechteck verwandeln, dessen Basis die Nulllinie wäre. Die Höhe eines solchen Rechtecks ist bekanntlich der mittlere Druck. Es ist dies keine so ganz kleine Arbeit und eigentlich eine überflüssige Mühe, denn Jeder sieht mit blossem Auge oder kann sich durch Cirkelmessungen leicht davon überzeugen, dass die Wellenberge bei a den Wellenthälern bei b vollständig gleich sind, und dass ein gleiches Verhältniss stattfin-

det zwischen den grossen Wellenthälern bei a und den Bergen bei b. Da bei Anfertigung der Curven die Zeiten so gleich als möglich gehalten wurden, so dass nämlich bei a das Druckminimum, bei b das Druckmaximum gleich lange währte, so kann man auf einem viel einfachern Wege zeigen, dass die Summe der Druckwerthe, die in beiden Curven verzeichnet, in jeder derselben die richtige ist. Schneidet man nämlich eine der beiden Curven aus, geht man beispielsweise mit dem Messer der bei a gegebenen Linie nach, und kehrt man dann den Ausschnitt um, so dass die Wellenthäler nach oben, die Berge abwärts sehen, so sieht man, dass beim Auflegen desselben auf die Fig. b die Thäler von a genau die Berge von b decken, und die jetzt umgekehrten Berge von a die Thäler von b decken. Kleine Differenzen, obgleich nur wenige unbedeutende sich finden, sind gewiss zu entschuldigen, wenn man die Art der Ausführung in Betracht zieht.

Es wird dem aufmerksamen Leser nicht entgangen sein, dass bei dem Federmanometer nicht nothwendig die Höhe des Zeichenstiftes über der Nulllinie dem absoluten Druckwerthe proportional ist, denn es könnte schon durch die Bewegung des Federendes selbst ein Abweichen von der Proportionalität bedingt sein. Ueberdies sind auch die Bewegungen des Zeichenstiftes nicht porportional denen des Federendes. Jedoch entspricht selbstverständlich jede bestimmte Höhe des Zeichen-

stiftes über der Nulllinie einem ganz bestimmten Werthe des Druckes in der Feder, und es lässt sich daher aus der Lage des Zeichenstiftes in einem bestimmten Augenblick, der in diesem herrschend gewesene Druck seinem Werthe nach ganz genau ermitteln, wenn man ein für allemal das Instrument empirisch graduirt hat. Natürlich muss eine solche Graduirung für jedes Exemplar besonders ausgeführt werden. Wir haben für das vorliegende Instrument eine solche Graduirung vorgenommen, indem wir Quecksilbersäulen von verschiedener Höhe einwirken liessen, und die entsprechenden Höhen des Zeichenstiftes notirten. Es ergab sich dabei, dass die Höhe desselben über der Nulllinie nahezu dem absoluten Druckwerthe proportional ausfiel, und dass einer Druckerhöhung von 1 Millimeter Quecksilber eine Erhebung des Zeichenstiftes um 0,33 Millim. entspricht.

Ganz kurz möchte ich nach der Prüfung des neuen Pulswellenzeichners noch die bis jetzt unbeachtet gebliebenen Curven besprechen. Sie sind die Verzeichnung von Druckschwankungen, welche unter denselben Bedingungen, wie sie auf das bisher behandelte Instrument, nun auch auf das Ludwig'sche Hämodynamometer einwirkten. In Fig. 2, a, b und c ist derselbe Druckwerth nur in verschiedenen Zeiten angegeben. Bei a ist die Druckvariation in einer Minute 40, bei b 100, bei c 160 Mal wiederholt. Ein einziger Blick auf die Curven genügt um die Ueberzeugung zu gewinnen, dass

dies keine treue Registrirung ist, und dass die Bewegungen der Quecksilbersäule ganz und gar abhängig sind vom Tempo, in welchem sie sich wiederholen. Am deutlichsten sieht man dies bei a; offenbar ist das hier angewandte Tempo nahezu dasjenige, in welchem die Quecksilbersäule selbst schwingt, und liefert daher die grössten Excursionen. Ferner sind die einzelnen Curven nicht einmal untereinander gleich, denn das eine Mal erscheint der verzeichnete Druck ein höherer als das andere, sogar um ein nicht Unbeträchtliches.

In den Curven Fig. 6, a und b sollten, wie es in in der Fig. 5, a und b vom neuen Hämodynamometer geschehen, abwechselnd längere Stillstände im Druckmaximum und Minimum registrirt werden. Von alledem sieht man nicht die Spur. Die Curven, welche doch beide unter ganz umgekehrten Druckverhältnissen gezeichnet wurden, zeigen in ihrem Aussehen eine vollständige Gleichheit; auch sind die Wellenthäler bei a den Wellenthälern bei b in der Grösse so gleich, obwohl, wie wir wissen die Differenz eine sehr bedeutende ist, dass man wohl kaum nöthig hat, erst eine Berechnung mit dem Planimeter zu machen, und Jedermann sofort sieht, dass nicht einmal eine leise Andeutung vom Unterschiede des angewandten mittlern Druckes in den Zeichnungen dieses Instrumentes hervortritt.

Neben den aus diesem Ueberblicke sich ergebenden

Vorzügen hat das neue Federmanometer noch darin vor dem Ludwig'schen viel voraus, dass seine Anwendung weit weniger Unbequemlichkeiten bietet. Ein Jeder, der mit dem Quecksilbermanometer experimentirt hat, wird wissen, wie häufig ein noch so gut vorbereiteter Versuch unterbrochen wird durch Uebertreten von Quecksilber über den ihm aufliegenden Theil des Schwimmers, oder wie manchmal die Stange des Schwimmers selbst in ihrer Führung festsitzen bleibt etc., so dass leicht sehr erwünschte Beobachtungen durch den Zeitverlust ausfallen, welcher durch Beseitigung dieser kleinen Unordnungen eintritt. Bei unserm Apparat sind wir vor diesem Uebelstand durch die grosse Einfachheit der Construction vollkommen gesichert.

Wenn man schliesslich sich noch einmal vergegenwärtigt, wie sehr treu das Federmanometer trotz der leider noch sehr unvollkommenen Ausführung des gebrauchten Exemplars Druckschwankungen registrirte, so dürfte die Behauptung wohl nicht vermessen erscheinen, dass wir in ihm jetzt endlich ein Mittel in Händen haben, die Gestalt der Pulswelle unter den verschiedensten Einflüssen kennen zu lernen. Wir haben auch bereits an verschiedenen Thieren die Pulswelle mit dem neuen Instrument verzeichnet und höchst charakteristische Gestalten gefunden, die wesentlich von allen bisher vorhandenen Zeichnungen abweichen. Man wird ferner mit ihm eine Anzahl Fragen bezüglich des Werthes der Druck-

schwankungen beim Pulse lösen können, z. B. in welchem gesetzlichen Zusammenhange dieser Werth mit dem Werthe des mittlern Druckes und mit der Pulsfrequenz stehe. Alle diese Fragen können mit dem bisherigen Kymographion nicht beantwortet werden, da dessen Angabe über den Werth der Druckschwankungen, wie wir gesehen haben, nicht zuverlässig ist.

THESEN.

1) Die Temperaturerhöhung beim Fieber ist Folge gesteigerter Wärmeproduction.

2) Die Priester sind aus den Gebäranstalten zu verbannen.

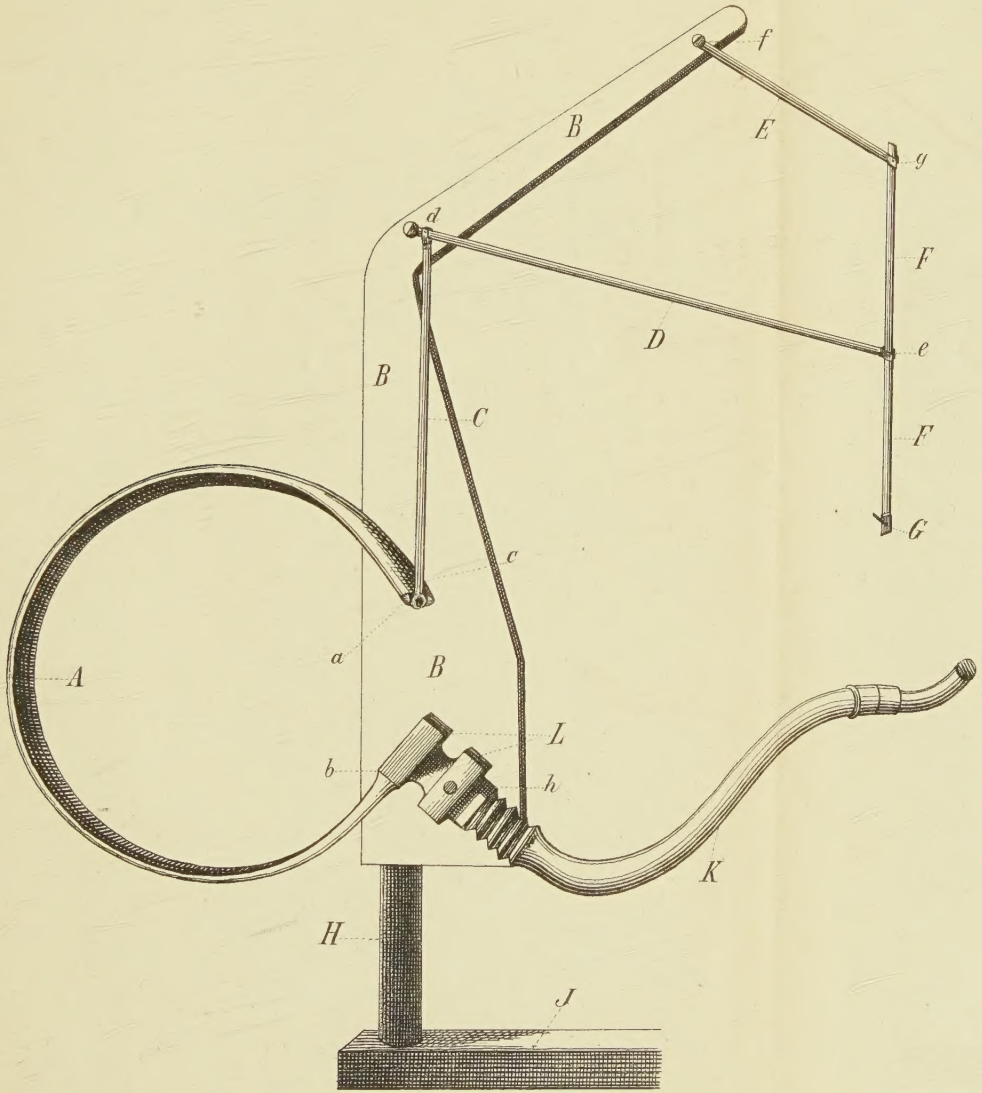
3) Das Succussionsgeräusch allein sichert nicht die Diagnose des Pneumothorax.

4) Ein Quecksilbermanometer kann nicht allgemein den schwankenden Blutdruck in jedem Augenblick richtig verzeichnen.

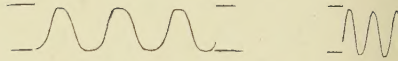
5) Das Gift der Calabarbohne tödtet durch Verzögerung des Blutkreislaufes.

6) Die Uranoplasitk darf niemals gleichzeitig mit der Staphylorrhaphie ausgeführt werden.

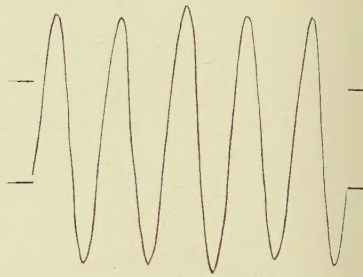
Fig. I



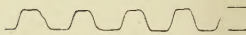
1 a.



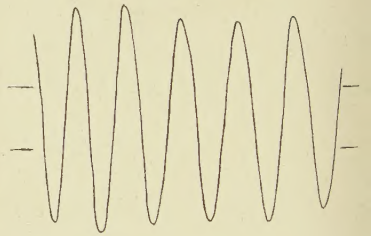
2 a.



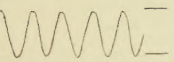
3 a.



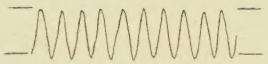
4 a.



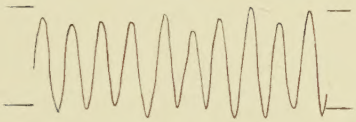
1b.



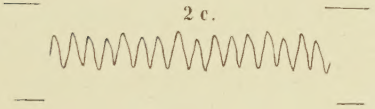
1c.



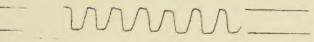
2b.



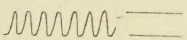
2c.



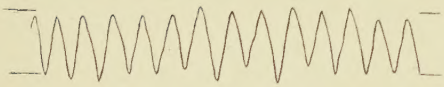
3b.



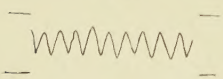
3c.



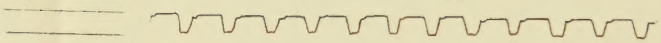
4b.



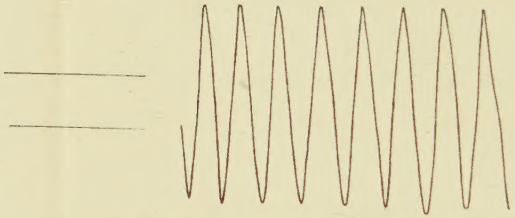
4c.



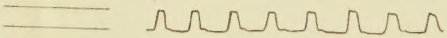
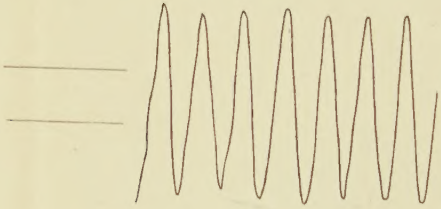
5a.



6a.



5b.



6b.